

冶金译丛

国外钢铁脱氧

上海市科学技术編譯館

PDG

冶金譯丛

国外钢铁脱氧

上海市科学技术編譯館汇编

*

上海市科学技术編譯館出版

(上海南昌路59号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

商务印书館上海厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 3 3/4 字数 110,000

1963年11月第1版 1963年11月第1次印刷

印数 1-1,600

书 号 : 6043·120

定 价 : 0.50元

內容提要

本專輯以工藝為主，介紹鋼鐵的各種脫氧方法如真空脫氧、鋁脫氧、鋁鐵脫氧等，闡述了幾個鋼種的脫氧問題如 M16C 鋼、鎮靜鋼、電爐鋼的脫氧等，此外還有熔鐵的硅脫氧過程、加速金屬脫氧可能途徑等的研究。

本專輯共有九篇文章，譯自俄文、英文和德文，可供煉鋼廠工程技術人員及技師參考，對其他部門的煉鋼工作者也有一定參考價值。

(216395/54)
D15436p



目 录

一、熔铁的硅脱氧过程.....	1
二、加速金属脱氧的可能途径	13
三、M16C 鋼脱氧方法对其热态塑性和冲击韧性的 影响	27
四、真空脱氧	33
五、镇静鋼用高铝铁脱氧	48
六、鋼中非金属夹杂	55
七、用铝脱氧时鋼中氧和非金属夹杂物的含量	67
八、电炉鋼中发纹和非金属夹杂度的减少	77
九、盛鋼桶中鋼內所含氧化夹杂物的分离条件	92

一、熔铁的硅脱氧过程

W. A. Fischer

本文之目的首先是试图对硅脱氧的平衡条件作深入的讨论。现在，我们面临的并应力图加以解决的问题是下列各项因素如何影响以硅对与大气（空气）和坩埚达到平衡的熔铁脱氧过程：

- (1) 硅的加入量；
- (2) 熔物温度；
- (3) 炉子的大小；
- (4) 熔物的搅动；
- (5) 坩埚炉衬的类型。

此外，在反应过程中准备研究不同熔化阶段和不同坩埚中形成的那些类型的杂质。

实验方法

整个试验中，加硅后每隔半分钟从熔铁中取试样，并记录氧和硅含量的变化，直至加硅前的原始含量再次出现为止。实验在 $1530 \sim 1700^{\circ}\text{C}$ 的温度范围，和在容量为 4 公斤的高频感应电炉内进行；坩埚采用氧化硅、氧化铝、氧化镁、氧化钙和氟石等不同材料制成。又在以氧化硅为炉衬，容量分别为 4、50 和 300 公斤的高频感应电炉内试验，研究其因炉子尺寸大小所起的影响。

硅的加入量从 0.05~1.5%。为了测定加硅后立即从熔铁中析出初级产物的分离时间，采用了下列方法：对每一试样根据以前测定的硅和氧含量得一乘积 $K_{\text{Si}} = [\% \text{Si}] [\% \text{O}]^2$ ，并把它与相应温度下 Gokeen 和 Chipman 所得的平衡值 K_{Si} 进行比较。以这两个值分别对时间作图得两条曲线，曲线开始时相互之间有很大差别，但经过一定的时间后又相互会

06737

— 1 —

合,这段时间可认为是反应初级产物的析出时间。

此外,进行了金相检查以研究试样中的夹杂物,并通过电解分离及分离物的微量分析,测定夹杂物的含量和组成。

脱氧过程的进行

图1是根据氧和硅的原始含量以及在氧化硅坩埚内析出初级产物后氧和硅的剩余含量所作出的线图。由于硅含量相当低,即介于0.002%~0.006%之间,导致测定的不精确,故图中的点子散乱。在这种情况下,所得数据与其他研究工作者所得结果的一致性,可认为相当满意。

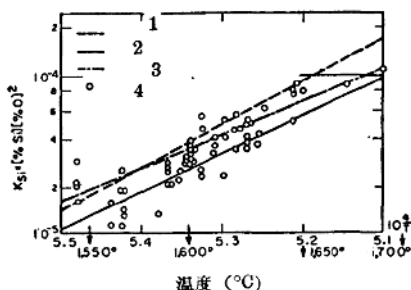


图1 1,530~1,700°C时氧化硅坩埚内铁液中的硅-氧平衡

- 1—F. Körber 和 W. Oelsen 的 K_{Si} 数据;
- 2—N. A. Gokcen 和 J. Chipman 的 K_{Si} 数据;
- 3—H. Schenck 和 G. Wiesner 的 K_{Si} 数据;
- 4—作者的数据

图2表示1,600°C时在4公斤酸性坩埚内,对熔铁中加入0.15%硅以后的脱氧过程。加硅后硅的含量立即达到最大值,约相当于加入量的一半。随着实验继续进行,含硅量下降,约10分钟后,重复达到加硅前0.003~0.004%的原始含量。加硅后2分钟内,氧含量从0.08%降到0.026%,此后又上升到最初含量。根据测得的硅和氧含量,计算所得的 K'_{Si} 值,在2分钟后即达到 Gokcen 和 Chipman 的 K_{Si} 值;这段时间相当于所谓在这坩埚内的初级产物的析出时间。熔炼继续进行,氧和

硅的含量尽管有很大变化,但这两个值仍保持相等。由于硅在熔池中向液面扩散,因此再氧化作用只发生于熔铁液的表面,故熔铁中实际上是没有脱氧产物混入的。

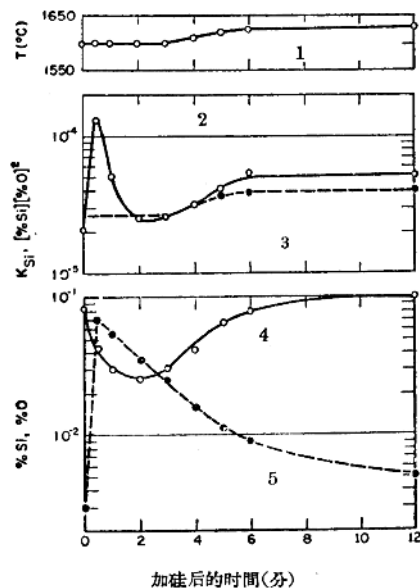


图2 1,600 $^{\circ}\text{C}$ 时,容量为4公斤的氧化硅坩埚内
加硅0.75%后的熔炼试验

1—熔池温度; 2— $[\% \text{Si}]$ $[\% \text{O}]^2$ 作者数据; 3—Gokcen 和 Chipman
的 K_{Si} 数据; 4— $\% \text{O}$; 5— $\% \text{Si}$

图3表示在相同试验条件下加入0.05~1.5%的不同硅量时,硅和氧含量的变化历程。每次熔炼时,硅的加入在半分钟内即能均匀分布,其最低含氧量随着加入硅量的增加而降低。如图4所示,析出初级产物所需时间,随着所加入硅的增多而大为延长。加硅至1.5%时,实验时

間內因 K_{Si} 和 K_{Si} 值的兩條曲線不能會合就無從加以測定。Gokeen 和 Chipman 所進行的研究說明，熔鐵中硅含量至 15% 時也沒有觀察到硅含量對 K_{Si} 值有什麼影響。因而不能認為，觀察到的阻礙初級產物的析出是由于隨其濃度而變的溶解硅的活度所引起的。

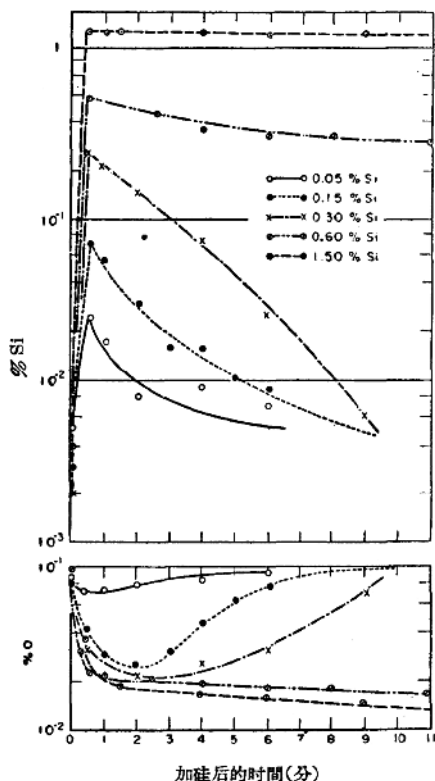


图3 1,600~1,630°C 时加入不同量硅的脱氧試驗

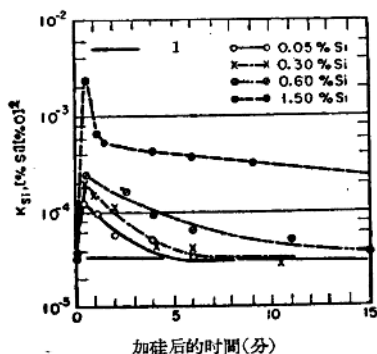


图4 1,600~1,630°C 时, 4 公斤的氧化硅坩埚中
加 0.05~1.5% Si 后 $[\%Si][\%O]^2$ 值的变化

1—1,600~1,630°C 时 Gokeen 和 Chipman 的 K_{Si} 数据

析出的速度取决于温度, 温度升高时析出速度也加快。图 5 中用 0.15% 硅进行脱氧的例子说明这个事实。图 6 是 1,600°C 左右时在熔铁重量为 4、50 和 300 公斤的高频感应电炉内, 加 0.15% 硅后硅和氧含量的变化情况。每次熔炼时, 硅的均匀分布所需的时间不到半分钟。如图 7 所示, 除 4 公斤的熔铁量外, 硅的烧损速度与熔池表面对其体积的比值成线性关系。但对于初级产物的析出时间, 则并不保持这个关系。在 4 公斤和 50 公斤的炉子内熔炼时, 所需的析出时间相等, 即各为 2 分钟, 只是在 300 公斤炉子内熔炼时, 才延长到 5 分钟。影响这种时间的主要因素可能是坩埚的直径和熔物的搅动速度。

从图 8 可以看到熔铁的搅动对脱氧产物析出的影响特别强烈; 图上比较了在 300 公斤高频感应电炉内搅动熔铁(炉子通电)的脱氧过程和平静熔铁(炉子断电)的脱氧过程。搅动熔池中析出初级产物的所需时间仅约 5 分钟; 而在平静的熔池中, 即使在整个实验时间内也没有产物析出。

曾用电解分离试样中非金属夹杂物的方法研究搅动对氧化物析出的影响。炉子通电时, 在相应于初级产物析出的时间内, 夹杂物的数量最

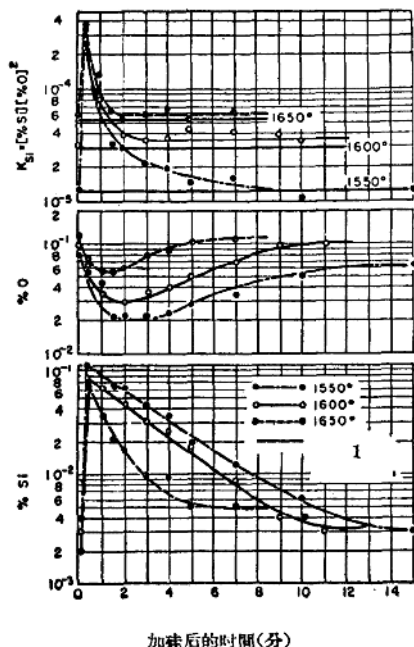
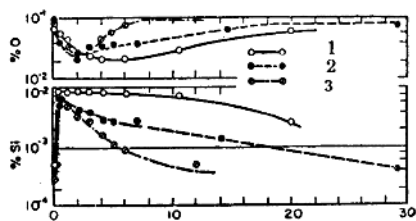


图5 加硅0.15%后温度对脱氧产物析出硅酸盐的影响
I—N. A. Gokcen 和 J. Chipman 的 K_{Si} 数据

少；而炉子断电时，随实验时间的增加，夹杂物只有极少量的降低。图9示出坩埚内衬对初级产物析出时间的影响，并以1,600°C左右用0.6%的硅对4公斤熔铁进行脱氧的实验为例。氧化硅坩埚中析出初级产物约需16分钟，而氧化钙坩埚内，3到4分钟内即已析出；如用氟石坩埚，则只需1到2分钟。如图所示， K'_{Si} 值比从Gokcen和Chipman所得的要小很多。由于形成炉渣的硅酸钙中硅酸的活度较小，在这种坩埚内用硅脱氧的脱氧常数大约小一个数量级（ 10^{-1} ）。



加硅后的时间(分)

图6 1,600°C 时加硅0.15% 后炉子容量对脱氧试验的影响

1—300 公斤的炉子; 2—50 公斤的炉子;

3—4 公斤的炉子

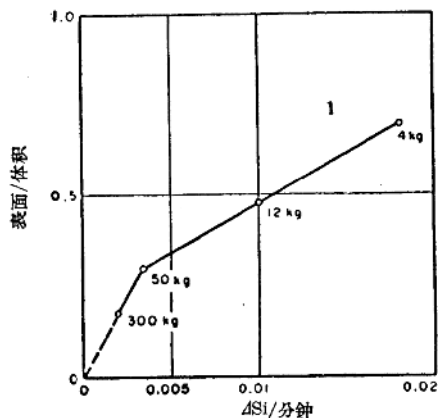


图7 1,600°C 时熔铁的表面/体积比值对硅氧化速度的影响

1—炉子

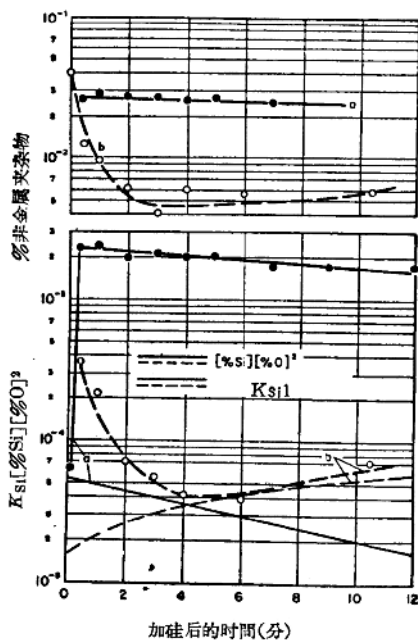


图 6 加硅 0.75% 后的脱氧试验
(a) 熔炉断电; (b) 熔炉通电
I—Gokcen 和 Chipman 的数据

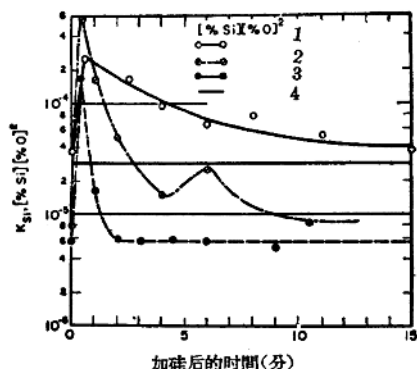


图9 1,600°C 时加硅 0.6% 后炉衬对硅-氧平衡的影响
1—SiO₂ 坩埚; 2—CaO 坩埚; 3—CaO—CaF₂ 坩埚;
4—1,600°C 时 Gokcen 和 Chipman 的数据

脱氧产物

最后还应提到对脱氧反应中所得产物进行的其他观察。这里应将下列产物的类型加以区别:

- (1) 加硅前熔铁中形成的产物。
- (2) 有初级产物析出时熔铁中形成的产物。
- (3) 无初级产物析出时熔铁中形成的产物。

图 10 为加硅前氧化硅坩埚内熔铁中的夹杂物。这是硅质的浮氏体 (wüstite) 夹杂物, 其硅酸含量随着夹杂物颗粒的减小而降低, 这个情况可以从光亮的浮氏体与灰暗的铁橄榄石的比例清楚地辨认出来。

在其他坩埚内, 化学分析表明加硅前熔铁的含硅量少于 0.001%。含硅量这样低, 所以在这些熔铁的夹杂物中实际上找不出多少硅酸。从图 11 可见, 夹杂物是由均相的或只有极小带核的浮氏体所组成。这些夹杂物中的 MgO、CaO 和 Al₂O₃ 含量, 也低于所用分析方法测定能力的极限度(各熔次中, 加硅后只发现不同 FeO 含量的玻璃状夹杂物, 它们的颜色相应地显得浅些或暗些)。

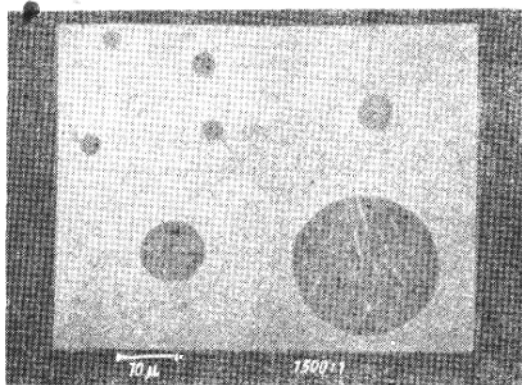


图 10 浮氏体和浮氏体-铁橄榄石共晶体的复合球体

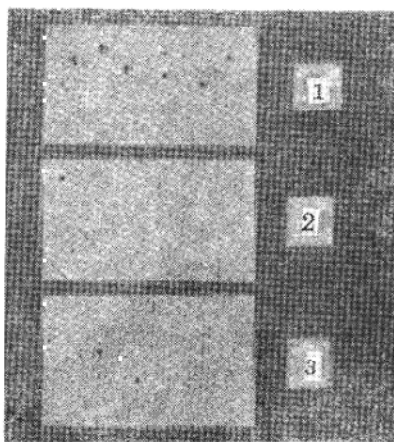


图 11 各种坩埚中的浮氏体夹杂物

1— MgO 坩埚； 2— Al_2O_3 坩埚； 3— CaO 坩埚

特别多的夹杂物中是 FeO-SiO_2 系统中混熔范围内带核的夹杂物。图 12 和图 13 所列的是这些不同阶段的带核玻璃状物。熔铁中加硅后,这

些带核玻璃状物立即出现。炉子断电时熔铁中所产生的夹杂物,平均大于搅动熔池时所得的夹杂物。如果若干夹杂物互相熔合,则常会发生一些相当奇特的中间形状。图 14 表明熔铁冷却时形成夹杂物的过程,集许多小粒夹杂物成为较大的夹杂物,但不能明显地区别在加硅后立即析出的

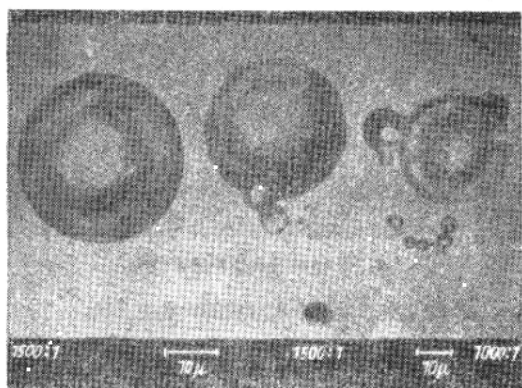


图 12 不混溶的玻璃状硅酸盐

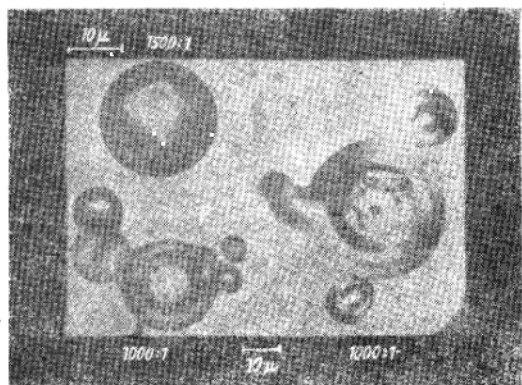


图 13 不混溶的两相玻璃状硅酸盐

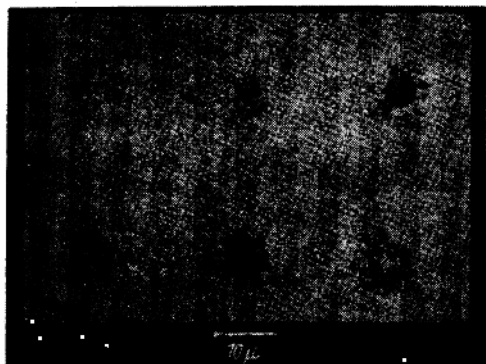


图 14 玻璃状夹杂物的形成

初级夹杂物,与冷却及凝固过程中所形成的次级夹杂物。

参 考 文 献

- [1] N. A. Gokcen and J. Chipman, J. Metals, 4, 171 (1952).
- [2] C. A. Zapffe and O. E. Sims, Trans. A.I.M.E., 154, 192 (1943).

[梁光甫译自 "The physical chemistry of steelmaking" 117~122(1956)]

二、加速金属脱氧的可能途径

В. П. Карачев 等

金属脱氧是炼钢的最后一道工序，成品钢的质量在很大程度上取决于脱氧率的高低。钢水脱氧的充分与否，不仅视溶于其中的氧剩余浓度，而且也随剩留在金属中的脱氧产物数量来衡量。

实践中广泛应用的基本脱氧方法之一，是沉淀脱氧。

沉淀脱氧时钢水的脱氧过程可以看作分为几个阶段进行，即脱氧剂在金属液中的溶解及其分布，脱氧剂与溶解于金属中的氧的化学反应，而该反应使反应产物在金属溶液中形成一定程度的过饱和以及反应产物以独立的氧化物相从过饱和溶液中析出，析出氧化物的粒子聚集长大而浮于熔渣面上。

熔融金属中脱氧剂和氧量间的化学反应，并不限制金属脱氧过程的速度。清除钢中脱氧反应产物的条件，取决于独立相晶核的生成及其长大情况。

氧化物粒子的上浮速度，根据著名的 Stokes 公式，主要由它们的大小来决定，并和上浮粒子的半径平方成正比。有助于析出氧化物相粒子长大的条件，是由适当选择脱氧剂和脱氧温度制度来实现的。但是，生产优质钢时这些措施还是不够的。

利用具有高度脱氧能力的脱氧剂如铝和硅时，对脱氧产物的聚集和去除特别不利。用铝和硅脱氧时，析出的氧化物相呈固体存在。氧化物的粒子很难聚集长大，同时还有相当数量以分散的泥渣微粒留在金属中。

为了使钢水更完善地除去分散的氧化粒子，必需从外界影响这些粒子的聚集长大和上浮过程。在下列几方面可以实现这种影响：

第一、应用炉子中垂直搅拌钢水的方法使分散的氧化微粒加速上浮，这种搅拌由向熔池吹气来进行。